



Optimiser le parage et la ferrure à chaque visite

les facteurs à considérer

Østergaard, Stine; Christophersen, Mogens Teken; Villsen, Tobias; Verwilghen, Denis

Published in:
Pratique Veterinaire Equine

Publication date:
2013

Document version
Tidlig version også kaldet pre-print

Citation for published version (APA):
Østergaard, S., Christophersen, M. T., Villsen, T., & Verwilghen, D. (2013). Optimiser le parage et la ferrure à chaque visite: les facteurs à considérer. *Pratique Veterinaire Equine*, (179), 14-20.

Dossier

—Maréchalerie

Optimiser le parage et la ferrure à chaque visite : les facteurs à considérer

La gestion du sabot n'incombe pas qu'aux maréchaux-ferrants. Un parage ou une ferrure inadaptés peuvent en effet compromettre la locomotion du cheval, donc son utilisation.



Stine Østergaard,
Mogens Christophersen,
Tobias Villsen,
Denis Verwilghen,
Service de chirurgie
et d'orthopédie équine,
Clinique des grands
animaux, Université
de Copenhague, Danemark

CONFLIT D'INTÉRÊTS : AUCUN

La population équine actuelle est un ensemble hétéroclite d'animaux destinés à divers usages. Les chevaux sont élevés pour nous plaire et nous servir dans un environnement fort différent de celui des grandes plaines dans lesquelles ils vivaient avant leur domestication. Le pied du cheval a été initialement conçu et adapté pour la marche, pieds nus, sur de longues distances, à la recherche de nourriture. Les sabots ont été façonnés par et pour cette fonction. Ils possèdent un certain nombre de qualités fantastiques qui ont permis ce mode de vie. Le mode de vie et les exigences actuels sont différents. Le cheval moderne travaille de manière intensive environ une heure par jour et passe le reste de la journée confiné dans un box ou un petit enclos.

Les défis de la maréchalerie moderne se trouvent dans la recherche d'un équilibre entre l'utilisation et le respect des qualités naturelles du sabot, tout en lui apportant les modifications nécessaires au travail du cheval contemporain. Ferrer le cheval est notre façon de protéger le sabot de l'usure excessive. Cependant, cela est aussi devenu un instrument dans le traitement de la boiterie et une aide dans l'amélioration des performances du cheval de sport. Même s'il nous manque des preuves scientifiques pour soutenir cette affirmation, la communauté vétérinaire reconnaît le potentiel et l'importance de bons parage et ferrage afin de prévenir les boiteries et de supporter la durabilité de l'athlète qu'est le cheval de sport.

En tant que vétérinaires, nous sommes en partie responsables du bien-être du cheval. Cette tâche nécessite une bonne connaissance de la maréchalerie qui va nous permettre de comprendre en quoi la boîte cornée est un point clé dans des affections conduisant à des boiteries. Elle nous autorise aussi

à interagir avec les maréchaux-ferrants, afin de soigner les sabots le mieux possible.

—La qualité du sabot

Le cheval portant son poids sur la troisième phalange, son pied est exposé à des forces considérables quand il marche. La boîte cornée protège les structures à l'intérieur du pied et est leur interface avec le sol. Cette capsule est composée d'un épiderme kératinisé modifié du pied qui se forme en tant que corne tubulaire et intertubulaire et est légèrement élastique [10]. Les tubes de corne sont idéalement orientés parallèlement à la paroi dorsale et sont responsables de la résistance de la paroi. Dans les couches plus profondes de la boîte cornée, la corne intertubulaire plus souple et déformable augmente en quantité. Elle se poursuit dans la partie lamellaire souple de la paroi du sabot, qui sert à la fixation flexible de la troisième phalange et des structures les plus profondes du pied. La surface des lamelles kératinisées épidermiques attachées aux lamelles dermiques sous-jacentes est d'environ 0,8 m², permettant une connexion très solide [14]. L'épaisseur de la paroi du sabot semble refléter le mode de vie du cheval. Une étude chez les chevaux sauvages australiens, qui parcourent de longues distances sur une surface dure, montre qu'ils possèdent une boîte cornée dorsale plus épaisse, mesurée sur des radiographies, par rapport à des pur-sang. Cela suggère une adaptation des tissus de la paroi du sabot au mode de vie et à une activité constante [7]. La forme de la boîte cornée s'adapte aussi à l'utilisation de l'animal, comme cela a été constaté en comparant des sabots de trotteurs et de pur-sang, qui présentent des différences significatives dans les angles [17]. La teneur en humidité de la boîte cornée influe sur sa résistance contre les fissures. Une paroi

Éléments à retenir

♦ Afin d'optimiser la gestion du pied à chaque visite, le praticien doit idéalement observer le cheval au pas et au trot avant et après les interventions sur le pied.

♦ Un pied "normal" est paré toutes les 5 à 6 semaines. En cas d'affection orthopédique, l'intervalle est déterminé au cas par cas, mais un

répét de 3 à 5 semaines est souvent nécessaire.

♦ La répartition de la force et du poids (statique) optimale est autour du centre de rotation.

♦ L'axe paturon-pied est le plus important dans une perspective latérale. Un axe brisé vers l'arrière est à éviter à tout point de vue et à

tout moment de la période de parage. Il va augmenter le risque de douleurs palmaire et plantaire du pied.

♦ Il convient d'utiliser des matériaux les plus légers possible et peu de clous (4 à 6), en privilégiant des pinçons supplémentaires au lieu de clous.

très sèche ou surhydratée possède moins de force mécanique [1]. La teneur en humidité de la paroi du sabot diminue avec l'âge de la corne. Comme l'humidité est perdue à travers la surface du sabot, l'hydratation chute aussi de l'intérieur vers l'extérieur [1]. Contrairement à ce que beaucoup de propriétaires et de vétérinaires croient, les conditions environnementales n'ont pas beaucoup d'effet sur la teneur en humidité de celui-ci. L'humidité semble être plutôt régulée de l'intérieur [6].

L'environnement et le travail du cheval jouent un rôle majeur dans la durabilité et la qualité de la corne et dans la formation de la boîte cornée [17]. Le sabot possède une grande faculté d'adaptation, selon l'étude de Decurnex et coll. [2]. Cette dernière montre comment la forme du sabot voit sa circonférence diminuer pendant les périodes de courses et d'entraînement et augmenter de nouveau pendant les phases de repos. La stimulation de la proprioception, la circulation du pied et l'angulation du sabot sont influencées par la surface sur laquelle le cheval est gardé au repos et travaillé. Nous conseillons qu'il bénéficie d'un accès à des surfaces dures afin d'atteindre une stimulation adéquate.

—Pied sain comment le ferrer

La pratique vétérinaire quotidienne nous permet de voir un grand nombre de chevaux. Les chevaux boiteux sont fréquents, et beaucoup d'entre eux souffrent d'une mauvaise conformation du sabot, de pieds déséquilibrés et d'une ferrure non adéquate. Il est souvent aisé de le noter et de conseiller les propriétaires lors des consultations de boiterie. Il est plus difficile, en revanche, d'engager la discussion avec eux sur une maréchalerie appropriée chez le cheval non boiteux. Notre devoir est néanmoins aussi



01. Sabot avec une paroi latérale évasée.

Cliché : S. Østergaard

d'éduquer nos clients afin de prolonger la carrière active du cheval tout en évitant la maladie et en assurant son bien-être. De nombreux facteurs contribuent à une maréchalerie de mauvaise qualité.

Quel est l'objectif d'une bonne maréchalerie ?

Traditionnellement, un sabot normal, c'est-à-dire un sabot fort avec de la corne de bonne qualité, est décrit à travers un certain nombre de critères :

- l'angle entre sa paroi dorsale et le sol est d'environ 45 à 50° pour les membres antérieurs et de 50 à 55° pour les postérieurs [5, 13] ;

- les tubules de corne sont parallèles à la paroi dorsale du sabot ;

- l'angle de la paroi du talon vers le sol est égal à celui de la paroi dorsale du sabot [5, 13] ;

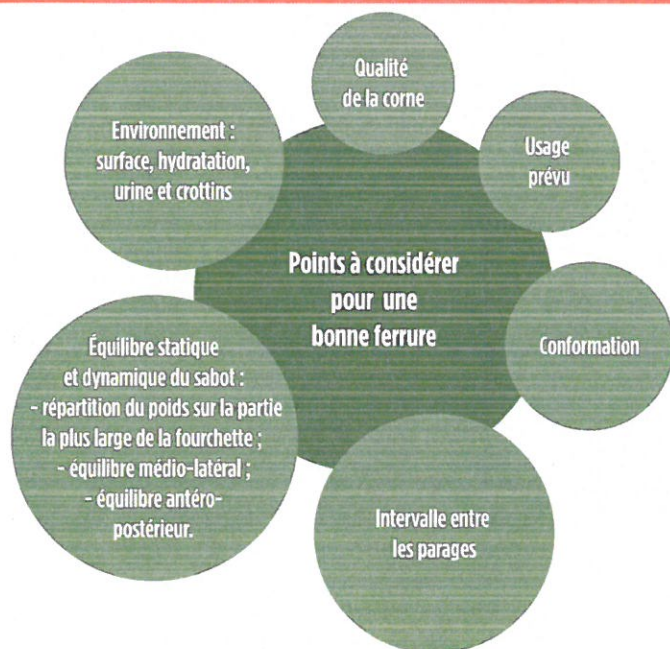
- les anneaux de croissance sont parallèles à la couronne et au sol vus de la face dorsale du sabot ;

- la paroi médiale du sabot est légèrement plus verticale que la paroi latérale ;

- la paroi du sabot est rectiligne, de la couronne vers le sol, sans s'évaser (photo 1).

Même si beaucoup de ces descriptions sont vraies et souhaitables, il est important de comprendre

FIGURE 1 : LES FACTEURS INFLUENÇANT LE FERRAGE ET LE PARAGE



La taille du cercle reflète l'importance du facteur d'impact.

que le “sabot normal” ou la conformation du sabot idéal existe rarement. Chaque pied est unique. Une ferrure est idéale convenant pour une conformation du sabot sur un membre en particulier, pas pour l'ensemble de la population équine. (figure 1).

—Équilibre médio-latéral et antéro-postérieur

L'équilibre et la symétrie du sabot sont évalués pendant que le cheval est en mouvement (au pas et au trot) tout en l'observant de face, de dos et de côté. Le sabot peut être observé au repos en ce qui concerne la symétrie statique. Un sabot bien équilibré est quasi symétrique autour du plan sagittal. Sa paroi médiale est un peu plus verticale que la paroi latérale, reflétant le fait que légèrement plus de poids est porté médialement [13, 23].

L'examen de l'équilibre dynamique s'effectue en regardant le pied à terre, le cheval se déplaçant vers et à partir de l'examineur. Le pied doit atterrir à plat, ce qui signifie que le talon, la pince, les parois latérale et médiale devraient toucher le sol en même temps.

En réalité, la plupart des chevaux posent le pied légèrement sur le talon latéral pour les membres antérieurs et presque toujours (plus de 95 %) en latéral pour les postérieurs, mais cet atterrissage légèrement asymétrique ne doit pas être visible à l'œil nu [18, 24]. Cela est toujours vrai, peu

importe la conformation du cheval. Il est fréquent de voir des chevaux avec un déséquilibre dynamique évident en pratique. La plupart des maréchaux-ferrants et des vétérinaires ne sont pas prêts à faire le nécessaire pour changer cet atterrissage inapproprié, qui conduira à la déformation et à la dégénérescence des tissus mous et osseux. Les effets d'un pied déséquilibré sur la forme de la boîte cornée dépendent de la façon dont la corne va réagir à la charge. La muraille qui reçoit plus de charge va croître plus lentement et devenir plus verticale tandis que la muraille opposée va s'allonger et développer une déviation [5, 13 39]. Ces déviations doivent être râpées afin de retrouver la conformation normale du sabot. Il est néanmoins important de garder autant de volume et de force dans la paroi du sabot que possible pendant cette opération. Le tiers proximal de la paroi du sabot au départ de la bande coronaire vers le bas détermine la direction optimale des lamelles et le point final de la paroi du sabot au niveau du sol.

Le résultat d'une répartition inégale du poids sur les talons est le développement des talons encastelés (photo 2). Beaucoup d'affections du pied sont le résultat des déséquilibres médio-latéraux à long terme. Des seimes induites par une tension inadéquate dans la capsule sont probablement la conséquence la plus visible et directe d'une charge inégale du sabot. Cependant, non seulement la structure du sabot elle-même est affectée par ce déséquilibre, mais la distribution inégale de la charge sur les articulations et les ligaments augmente le risque de maladies comme les desmites, les tendinites et l'arthrose dans le pied.

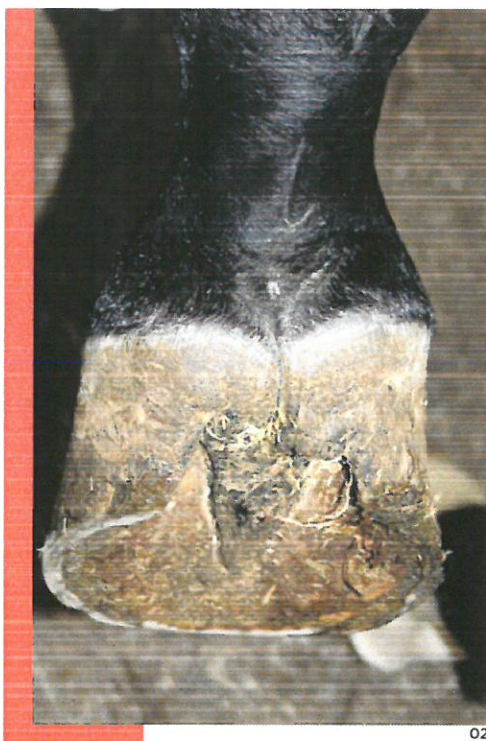
L'équilibre du pied peut être en grande partie décrit et analysé par une inspection visuelle minutieuse. De plus, l'examen radiographique se révèle un outil utile pour un diagnostic supplémentaire. Un ensemble complet de radiographies du pied donnent une meilleure compréhension de la façon dont la conformation de la boîte cornée correspond au potentiel déséquilibre des structures osseuses. La différence entre les distances médiale et latérale de la troisième phalange vis-à-vis du sol donne une bonne corrélation avec l'inclinaison articulaire de l'articulation interphalangienne distale (AID) [11, 26]. Une AID chargée de façon symétrique est le résultat final d'un bon équilibre médio-latéral [5]. L'équilibre

postéro-antérieur évalué sur les radiographies peut aider à la réalisation d'un bon axe paturon-pied lors de la ferrure (**photos 3a et 3b**). En général, l'angulation est de 3 à 5° à la troisième phalange.

—Ferrer autour du centre de rotation

Équilibre antéro-postérieur

L'équilibre dynamique antéro-postérieur optimal est obtenu par la recherche d'une symétrie statique autour du centre de rotation. Le centre de rotation est le point autour duquel il existe un équilibre entre les forces, lié à l'extension et à la flexion dans l'AID. Ces forces doivent être réparties uniformément dans le sabot afin de minimiser les dommages des tissus dus au stress. Le centre de rotation peut être localisé sur un cliché radiographique de l'extrémité digitée en tant que le centre du condyle distal de la deuxième phalange. Il peut néanmoins aussi être observé. Un sabot bien paré présente une répartition optimale des forces et la symétrie peut être évaluée par une simple observation (**figures 2 et 3**). Avec ce repère, nous avons un moyen facile de juger de l'état d'équilibre statique dans le sabot. Cette connaissance est importante pour conseiller aux propriétaires un meilleur parage du pied et lors de la communication avec le maréchal-ferrant. Lors du parage, un aspect essentiel est de faire reculer la surface d'appui de la boîte cornée, en partie talons, le plus postérieurement possible au niveau de la partie la plus large de la fourchette.



02.

02. Talon encastelé : un talon est plus proximal que l'autre.

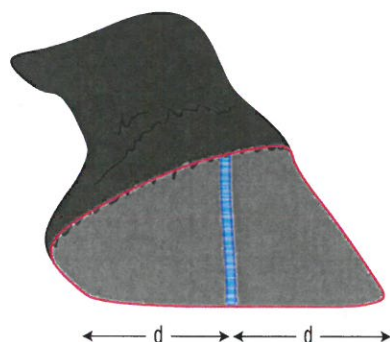
Cliché : D. Verwilghen

03a. et 03b. Clichés radiographiques en position latéro-médiale du pied qui montrent un alignement osseux déformé chez un cheval avec l'axe paturon-pied brisé vers l'arrière à la suite de mauvais parage et ferrage. 3b : Pied très amélioré après un travail de maréchalerie approprié (3 mois et 2 parages entre les 2 clichés).

Clichés : H. Drewsen

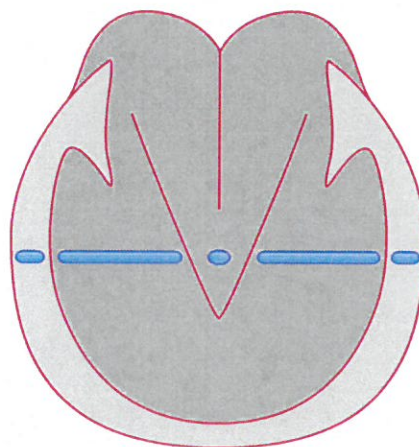


FIGURE 2 : CENTRE DE ROTATION



Le centre de rotation peut être approché en observant face latérale de la boîte cornée. La longueur de la couronne est divisée en quatre parties égales et le centre de rotation est situé à la limite du premier quart cranial. De là, une ligne tracée au sol doit laisser des quantités égales de surface de charge des deux côtés de la ligne bleue dans un sabot correctement équilibré (d). D'après [5].

FIGURE 3 : MODÈLE DE DISTRIBUTION DE LA CHARGE DANS UN ENVIRONNEMENT SAIN, SABOT CORRECTEMENT PARÉ



La ligne bleue sur la face latérale du sabot coïncide avec une ligne à travers la surface de la sole dans le tiers moyen de la fourchette ou la partie la plus large du pied. La répartition du poids de chaque côté de la ligne doit être de 50/50, ce qui signifie que la surface de la sole de chaque côté doit être égale. Le point marque le centre de rotation. La muraille du talon est parée jusqu'à la partie la plus large de la fourchette. D'après [5].

Cela permet d'obtenir des tubules de corne droites dans la zone du talon.

De l'importance des talons

Un talon droit est un talon fort, ce qui permet un bon fonctionnement physiologique du pied [12]. La surface d'appui du pied est aussi grande que possible, ainsi la distribution de la force entre les structures des tissus osseux et mous s'effectue de façon appropriée [5, 12]. Selon notre expérience, de nombreux chevaux manquent de soutien dans les talons et ont un point de bascule trop cranial. Un parage inapproprié, une mauvaise ferrure et des intervalles de parage trop longs, en particulier, sont les raisons majeures de cette situation. Si le parage n'est pas suffisant pour corriger la situation, une ferrure adaptée doit être envisagée comme un outil pour atteindre l'objectif voulu. Le fer doit alors servir d'extension palmaire ou plantaire, de la boîte cornée vers la partie la plus large de la fourchette, ou davantage, car lors de la croissance du sabot ce point se déplace dans la direction craniale. Des branches allongées seules ne peuvent pas toujours résoudre un déséquilibre antéro-postérieur, mais il est possible de modifier la pince du fer. Différentes façons de procéder existent, comme une pince tronquée, *rocker-toe* ou à bout carré, tout en reculant le fer le plus possible. Il convient d'utiliser des pinçons latéraux au lieu de pinçons antérieurs ou même des fers sans pinçons. Le fer doit être utilisé afin de compléter ce qui n'a pas pu être atteint par le parage, mais ne remplace en aucun cas un parage adéquat.

—L'intervalle entre les parages

Effets de l'intervalle entre les parages

La période entre les parages peut varier pour plusieurs raisons parmi lesquelles l'économie ne doit pas être sous-estimée. Des chevaux non ferrés peuvent, sous certaines conditions, maintenir la forme et la taille du pied grâce à un mode de vie qui maintient l'équilibre entre l'usure et la croissance de la corne [7, 8]. Cela n'est pas possible lorsque le cheval est ferré. Dans le cas du pied ferré, le talon est toujours, dans une certaine mesure, capable de s'étendre au cours de la mise en charge. Cela provoque des frictions entre la corne et le métal, et l'usure des talons se trouve plus importante qu'en région de la pince où la friction est minimale. La forme du sabot va alors progressivement changer. Une étude chez les chevaux ferrés, comparant les sabots immédiatement après le parage et le ferrage et 8 semaines plus tard, montre que l'angle du sabot diminue [19]. Cette étude a également mis en évidence comment le centre de pression dans le sabot à "mi-appui" est déplacé palmairement et plantairement. Le centre de pression ne bougeait pas autant que prévu en palmaire/plantaire, démontrant que le cheval arrive à compenser afin d'éviter, en partie, les contraintes croissantes qu'entraîne ce changement. Ainsi, la modification soudaine du centre de pression à la suite du parage et du ferrage du pied demande un certain degré d'adaptation au cheval. Plus l'intervalle de parage est important, plus grands sont les changements auxquels le cheval doit faire face lors du parage suivant.

Quel délai entre les parages ?

Quel est donc un intervalle de parage acceptable ? Visuellement, un axe de paturon-pied brisé vers l'arrière doit être évité. C'est le résultat visuel clair d'un intervalle de parage certainement trop long (quand il ne s'agit pas de conformation individuelle d'un cheval). Des différences individuelles liées au cheval et à la présence ou non de maladie influencent la longueur de l'intervalle. Premièrement, le taux de croissance de la corne est un facteur à prendre en compte. Des études montrent qu'il varie beaucoup d'un cheval à l'autre. La croissance est plus rapide chez les jeunes animaux par rapport aux plus âgés. Elle varie aussi considérablement au cours de l'année. L'allongement de la journée solaire entraîne ainsi une croissance accrue de la corne [4]. Deuxièmement, les chevaux avec un diagnostic de pathologie du pied bénéficient d'un intervalle de parage court afin de prévenir la réapparition clinique de la maladie. Un intervalle de parage général est donc difficile à prescrire, et il devrait être fondé sur l'observation individuelle et après un accord entre le maréchal-ferrant et le vétérinaire. Un intervalle de 6 à 8 semaines doit être maintenu, mais, selon notre expérience et les points déjà cités, 5 à 6 semaines nous semblent plus appropriées.

—Les avantages et désavantages de la ferrure

Ayant examiné quelques-uns des nombreux aspects liés au parage, la question suivante se pose : le cheval a-t-il vraiment besoin de fers ? La pose d'un fer a un certain nombre d'effets sur la fonction du pied. La capacité de la boîte cornée à s'étendre lorsqu'elle est en contact avec le sol est diminuée [15]. Les fers diminuent également l'effet d'amortissement naturel que la boîte cornée offre pendant la phase d'impact de la foulée, d'où une contrainte supplémentaire sur le membre [3]. Ce stress accru est atténué au niveau de l'extrémité digitée, et a un effet minime et plus proximal sur le boulet [20]. Les conséquences de cette contrainte supplémentaire sur l'extrémité digitée provoquée par le ferrage sont incertaines.

Lorsqu'un cheval est ferré avec un fer en acier, un poids supplémentaire de 300 à 500 g est apposé sur le pied. Cela entraîne une modification du mouvement [9, 16, 22]. L'inertie est

augmentée, ce qui signifie que la résistance au changement de la vitesse est plus importante, donc que la précision dans le mouvement est moindre. Par exemple, une interférence (le toucher) entre membres antérieur et postérieur est rarement observée chez les chevaux pieds nus. Ce mouvement supplémentaire dans la démarche en raison du poids supplémentaire est parfois souhaitable dans certaines disciplines équestres comme le dressage, la monte islandaise et chez les tennessee walkers. La ferrure est parfois utilisée comme un outil afin de placer davantage de poids sur le sabot et de forcer le cheval à se déplacer d'une certaine façon [9, 16]. C'est ce qui est appelé "parage et ferrage de cirque". Ce n'est pas pour le bien-être du cheval, mais pour le spectacle. La conséquence exacte de ce type de ferrage sur la santé de l'animal est incertaine et probablement variable. Cette contrainte supplémentaire augmenterait le risque de blessure. Par conséquent, nous recommandons d'exposer le cheval à cette "situation de cirque" sur des périodes les plus courtes possible et de le garder ferré d'une manière peu contraignante la majorité du temps. Si un cheval a besoin d'un fer, il est préférable de choisir le matériel le plus léger possible. Il semble que même de légères différences de poids changent significativement le mode de mouvement comme le démontre une étude comparant le mouvement de chevaux portant des fers en acier (337 g) ou des fers en aluminium (129 g). L'application d'une ferrure plus légère en aluminium entraîne moins d'amplitude antérieure du sabot et moins de flexion carpienne sur les membres antérieurs. En revanche, la longueur totale de la foulée ne semble pas affectée par le changement de poids [9]. L'interprétation des résultats de cette étude et d'autres est compliquée par le fait que les chevaux semblent s'adapter au ferrage, et le mouvement va changer au fil du temps. Il est donc probablement judicieux d'apporter des corrections et modifications, des ajustements, de façon progressive et continue. Une autre conséquence du ferrage est la pression accrue sur l'os naviculaire par le tendon fléchisseur profond [21]. Vu que les douleurs palmaires du pied sont fréquentes, c'est une observation intéressante. Le traitement des affections palmaires du pied implique généralement un travail de maréchalerie et de ferrage orthopédique. Néanmoins, réaliser

un parage correct ou laisser le cheval pieds nus devraient être considérés plus souvent.

Conclusion

La majorité des chevaux de travail ont besoin de protection pour compenser l'environnement dans lequel ils sont (lieu humide et surface dure). Beaucoup de chevaux restent 22 heures sans réelement bouger, dans une forte humidité, de l'urine

et des crottins, puis ils peuvent se trouver sur une surface sèche et dure pendant 1 à 2 heures sans montrer ni douleur ni boiterie. Par conséquent, une ferrure est sans doute le "mal nécessaire". Les pieds des chevaux ont chacun leur particularité qu'il convient de prendre compte. Une analyse précise des besoins et de la conformation individuelle est requise avant de poser un fer ou de laisser l'animal pieds nus. //

RÉSUMÉ/SUMMARY

L'activité actuelle de nos chevaux est fort différente de celle à l'état sauvage. Les longues marches dans les plaines à la recherche de nourriture se sont muées en un exercice restreint dans un environnement peu confortable pour le sabot. La ferrure est donc devenue un "mal nécessaire" dans bien des cas. Néanmoins, beaucoup de chevaux pourraient s'en passer. Il n'existe pas de parage ni de ferrage idéal et standardisé. Une bonne collaboration entre le maréchal-ferrant, le vétérinaire et le propriétaire de l'animal va aboutir à un meilleur confort du pied et à une plus grande longévité d'utilisation du cheval de sport, moyennant le respect de quelques principes de maréchalerie. Cet article reprend une partie des points essentiels à considérer lors du parage et du ferrage du sabot.

Mots clés : parage, ferrure, cheval, podologie.

OPTIMIZE TRIMMING AND SHOEING AT EACH VISIT: FACTORS TO CONSIDER

The activity level of horses today is very different to that of those in the wild. Long walks on the plains in search of food have been converted into restricted activity in an uncomfortable environment for the hoof. Shoeing has become a «necessary evil» in many cases. However, many horses could do without. There is no ideal and standardised trimming or shoeing. Good collaboration between the farrier, the veterinarian and the owner will lead to better foot comfort and greater longevity of use in the sports horse, subject to compliance with certain principles of farriery. This article includes some of the key points to consider when trimming and shoeing the hoof.

Keywords: trimming, shoeing, horse, podiatry.

1. Bertram JE, Gosline JM. Functional design of horse hoof keratin: the modulation of mechanical properties through hydration effects. *J. Exp. Biol.* 1987;130:121-136.
2. Decurnex V, Anderson GA, Davies HMS. Influence of different exercise regimes on the proximal hoof circumference in young thoroughbred horses. *Equine Vet. J.* 2009;41(3):233-236.
3. Dyhre Poulsen P, Smedegaard HH, Roed J, Korsgaard E. Equine hoof function investigated by pressure transducers inside the hoof and accelerometers mounted on the first phalanx. *Equine Vet. J.* 1994;26(5):362-366.
4. Frackowiak H, Komosa M. The dynamics of hoof growth of the primitive konik horses (*Equus caballus gmelini* Ant.) in an annual cycle. *Biol. Rhythm Res.* 2006;37(3):223-232.
5. Frigast C, Kristoffersen V. Beslaglære Hoven i fokus. 1^{re} ed. Nordisk Forlag, København. 2010:520.
6. Hampson BA, de Laat MA, Mills PC, Pollitt CC. Effect of environmental conditions on degree of hoof wall hydration in horses. *Am. J. Vet. Res.* 2012; 73(3):435-438.
7. Hampson BA, de Laat MA, Mills PC, Pollitt CC. The feral horse foot. Part A: observational study of the effect of environment on the morphometrics of the feet of 100 Australian feral horses. *Aust. Vet. J.* 2013;91(1-2):14-22.
8. Hampson BA, Ramsey G, Macintosh AMH et coll. Morphometry and abnormalities of the feet of Kaimanawa feral horses in New Zealand. *Aust. Vet. J.* 2010;88(4):124-131.
9. Huguet EE, Duberstein KJ. Effects of steel and aluminum shoes on forelimb kinematics in stock-type horses as measured at the trot. *J. Equine Vet. Sci.* 2012;32(5):262-267.
10. Kasapi M, Gosline JM. Strain-rate-dependent mechanical properties of the equine hoof wall. *J. Exp. Biol.* 1996;199(Pt 5):1133-1146.
11. Kummer M, Geyer H, Imboden I et coll. The effect of hoof trimming on radiographic measurements of the front feet of normal Warmblood horses. *Vet. J.* 2006;172(1):58-66.
12. O'Grady SE. Foot care and farriery, in Adams and Stashak's lameness in horses. Baxter GM, Adams OR, Editor. 2011, Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex ; Ames, Iowa. 2011:1179-1182.
13. Parks A. Form and function of the equine digit. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 2003;19(2):285-307.
14. Pollitt CC. Microscopic anatomy and physiology of the hoof, in equine podiatry. Floyd AE and Mansmann RA, Editors. 2007, Saunders Elsevier, St. Louis, Mo. 2007:xi,464p.
15. Roepstorff LC, Johnston, Drevermo S. *In vivo* and *in vitro* heel expansion in relation to shoeing and frog pressure. *Equine Vet. J. Suppl.* 2001(33):54-57.
16. Rumpler B, Riha A, Licka T et coll. Influence of shoes with different weights on the motion of the limbs in Icelandic horses during trot at different speeds. *Equine Vet. J.* 2010;42:451-454.
17. Thomason JJ, Faramarzi B, Revell A et coll. Quantitative morphology of the equine laminar junction in relation to capsule shape in the forehoof of Standardbreds and Thoroughbreds. *Equine Vet. J.* 2008;40(5):473-480.
18. Van Heel MC, Barneveld A, van Weeren PR, Back W. Dynamic pressure measurements for the detailed study of hoof balance: the effect of trimming. *Equine Vet. J.* 2004;36(8):778-782.
19. Van Heel MC, Moleman M, Barneveld A et coll. Changes in location of centre of pressure and hoof-unrollment pattern in relation to an 8-week shoeing interval in the horse. *Equine Vet. J.* 2005;37(6):536-540.
20. Willemen MA, Jacobs MW, Schamhardt HC. *In vitro* transmission and attenuation of impact vibrations in the distal forelimb. *Equine Vet. J. Suppl.* 1999(30):245-258.
21. Willemen MA, Savelberg HHCM, Barneveld A. The effect of orthopaedic shoeing on the force exerted by the deep digital flexor tendon on the navicular bone in horses. *Equine Vet. J.* 1999;31(1):25-30.
22. Willemen MA, Savelberg HHCM, Barneveld A. The improvement of the gait quality of sound trotting warmblood horses by normal shoeing and its effect on the load on the lower forelimb. *Livest. Prod. Sci.* 1997;52(2):145-153.